

PENDAYAGUNAAN MINERAL UNTUK MENJADI PERMATA

Oleh :

Danny Z. Herman

Penyelidik Bumi Madya

Museum Geologi, Badan Geologi, Jl. Diponegoro No. 57 Bandung

SARI

Batu mulia atau permata adalah suatu mineral menarik yang ketika disayat dan dipoles dapat digunakan untuk perhiasan. Namun terdapat juga batuan-batuan dan bahan-bahan organik tertentu yang digunakan sebagai perhiasan sering dianggap sebagai permata. Sebagian besar permata yang berasal dari mineral ikutan dan mineral pembentuk batuan dikenal karena kekerasannya tetapi beberapa mineral lunak dapat juga didayagunakan karena kilapnya atau sifat-sifat fisik lainnya yang memiliki nilai-nilai estetika. Kelangkaan ditemukannya di alam merupakan karakteristik lainnya yang membuat permata menjadi sangat bernilai/berharga.

Pemahaman tentang geologi, mula jadi dan keterdapatannya sumber-sumber mineral permata seharusnya menjadi persyaratan; sehingga eksplorasi terhadap mineral tersebut di seluruh wilayah Indonesia dapat dilakukan secara tepat sasaran.

Kata kunci : Mineral, disayat dan dipoles, permata

ABSTRACT

Precious stone or gemstone is a piece of attractive mineral, which as being cut and polished enable for jewelry. However, certain rocks and organic materials used for jewelry are often considered to be gemstones as well. Most gemstones originated from accessory and rock forming minerals were recognized due to their hardness but some soft minerals are also utilized in jewelry because of their lustre or physical properties which have aesthetic values. Their natural rarity is another characteristic which makes gemstones to be very precious.

Understanding of the geology, origin and occurrence of gem-minerals sources should be prerequisite, though mineral exploration throughout the Indonesia region could be done precisely.

Keywords : Mineral, cut and polished, gemstone

PENDAHULUAN

Mineral-mineral di dalam batuan (beku, malihan, sedimen) dan sebagai komponen rombakan dapat didayagunakan menjadi permata berdasarkan sifat-sifat fisika yang dimilikinya antara lain terutama kekerasan, kilap dan warna. Beberapa mineral yang didayagunakan sebagai permata atau perhiasan dapat bernilai ekonomi sangat tinggi karena kelangkaan penemuan di alam, bentuk kristal dan memiliki sifat lainnya yang berkaitan dengan nilai-nilai estetika.

Permata diidentifikasi oleh para ahli gemologi melalui pemerian karakteristiknya dengan menggunakan terminologi spesifik gemologi. Susunan kimia adalah karakteristik awal yang digunakan oleh ahli gemologi untuk mengidentifikasinya, yang kemudian dikembangkan menjadi klasifikasi berdasarkan sistem kristal.

Karya tulis dibuat sebagai tinjauan (*overview*) dalam upaya memahami arti permata atau batu mulia dan mula jadinya, sehingga dapat dijadikan acuan penyelidikan sumber asalnya dan kemungkinan pendayagunaan mineral-mineral tertentu untuk menjadi permata.

Mula jadi mineral dan permata

Penamaan permata dapat identik dengan nama asli mineral tetapi sebagian besar ternyata berbeda karena didasarkan kepada kilap dan karakteristik fisika yang memiliki nilai estetika setelah melalui pengolahan. Di bawah ini disebutkan beberapa mineral penting yang mempunyai potensi untuk dijadikan permata, kemungkinan sumber asal mineral-mineral dimaksud dan jenis-jenis permata yang dihasilkan.

• **Beryl** ($\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$) terbentuk sebagai kristal prismatik berukuran besar (sistem heksagonal) di dalam batuan granitik dan pegmatite (Gambar 1); juga di dalam cebakan-cebakan hidrotermal bersuhu tinggi (*greisen*); berasosiasi dengan kuarsa, spodumen, kasiterit, kolumbit, tantalit dan mineral-mineral jarang lainnya. Beryl juga ditemukan pada urat-urat kalsit hasil segregasi metamorfisme dan sekis biotit berfasies menengah-tinggi. Karena kekerasan (7,5 – 8) dan resistan terhadap proses kimiawi, maka beryl tetap tidak berubah di dalam endapan aluvial (A Macdonald Orbis Book, 1987).

Permata yang termasuk ke dalam spesies ini di antaranya adalah **zamrud** (*emerald*) merupakan salah satu permata bernilai tinggi, warna hijau disebabkan oleh adanya kandungan kromium (Cr) atau kemungkinan vanadium (V), dengan kisaran rona menengah terang atau menengah gelap dari warna hijau kebiruan hingga hijau kekuningan (Bates dr., 1980).

Aquamarin adalah permata transparan dari spesies beryl yang dibagi lagi menjadi beberapa jenis berdasarkan warna, antara lain : *aquamarin chrysolit* (biru kehijauan), *aquamarin safir* (biru pucat safir), *aquamarin topaz* (hijau topaz) dan *aquamarin turmalin* (biru pucat atau biru kehijauan pucat turmalin).

Morganit merupakan permata yang disebut juga **vorobievit**, yaitu spesies beryl berwarna merah, merah keunguan atau merah muda. Warna-warna tersebut disebabkan pengotoran unsur cesium (Cs) di dalamnya.

• **Felspar alkali** adalah kelompok felspar bersistem kristal triklin dengan susunan kimia campuran atau campuran kristal silikat mengandung aneka rasio K, Ca dan Na; mempunyai kekerasan 6 – 6,5. Terbentuk di dalam batuan-batuan granitik pegmatit dan malihan dari jenis genes (Gambar 2). Mineral-mineral dari kelompok tersebut yang dapat dijadikan permata antara lain : mikroklin dan ortoklas (terutama dari jenis adularia). Mikroklin (KAlSi_3O_8) berwarna putih, merah muda, merah, kekuningan atau biru-hijau; setelah disayat menjadi permata berbentuk kubah (*cabochon*) disebut **amazonit**. Sementara adularia (KAlSi_3O_8) yang disayat berupa permata berbentuk kubah dinamakan **batu bulan** (*moonstone*; <http://www.gemstone.org/gem-by-gem/english.html>, 2008).

• **Garnet** adalah kelompok mineral dengan susunan kimia $\text{A}_3\text{B}_2(\text{SiO}_4)_3$ dimana A = Ca, Mg, Fe^{+2} dan Mn^{+2} ; B = Al, Fe^{+3} , Mn^{+3} , V^{+3} dan Cr. Kelompok mineral ini memiliki kekerasan 7 –

7,5; transparan – semi transparan dengan warna beraneka ragam terdiri atas *almandin* (Fe-Al), *andradit* (Ca-Fe), *grosular* (Ca-Al), *pyrop* (Mg-Al), *spesartin* (Mn-Al), *uvarovit* (Ca-Cr) dan *goldmanit* (Ca-V). Mineral terbentuk sebagai mineral ikutan di dalam aneka batuan beku, sebagai mineral pengotor (*gangue*) pada jenis mineralisasi *skarn*, tetapi sangat umum ditemukan berupa kristal isometris euhedral di dalam batuan-batuan malihan (genes, sekis, eklogit) (Gambar 3).

Dari jenis grosular sangat terkenal permata bernama **tsavorit**, berwarna hijau transparan; dan dari jenis andradit dikenal dengan nama **demantoid**, berwarna hijau terang transparan; sementara **garnet mandarin** merupakan permata berwarna jingga transparan berasal dari jenis spesartin.

• **Intan** merupakan mineral yang disusun oleh hanya unsur karbon (C) dengan sistem kristal isometrik, memiliki kekerasan 10 pada skala Mohs; terdiri atas beraneka jenis dari tidak berwarna hingga berwarna kuning, bayang-bayang merah (*shades of red*), jingga, hijau, biru dan coklat – hitam. Intan terbentuk berupa karbon kristalin alamiah di dalam batuan-batuan ultrabasa terutama breksi kimberlit (salah satu jenis peridotit, Gambar 4) dan sebagai bahan rombakan di dalam endapan plaser sungai dan pantai di sekitar sumbernya. Inklusi kristal di dalam intan yang biasa ditemukan adalah peridot, garnet (jenis pyrop), diopsid krom dan juga karbon hitam.

• **Korundum** merupakan mineral ikutan bersistem kristal heksagonal-rombohedral di dalam batuan sienit/sienit nefelin dan batuan malihan tingkat tinggi yang miskin kandungan silika tetapi kaya aluminium (marmer, sekis mika dan granulit; Gambar 5). Ditemukan juga di dalam eklogit dan kadang-kadang rodingit, serta sebagai rombakan pada endapan aluvial dan pasir laut (A Macdonald Orbis Book, 1987).

Permata yang termasuk ke dalam spesies korundum di antaranya yaitu **ruby** berasal dari jenis korundum berwarna merah, transparan-semi *opaque*, warnanya berkaitan erat dengan kandungan kromium (Cr). Sedangkan **safir** adalah jenis korundum berwarna biru, transparan-semi *opaque*; warna biru terkait erat dengan adanya sedikit kandungan oksida kobalt (Co), kromium (Cr) dan titanium (Ti).

• **Krisoberyl** (BeAl_2O_4) umumnya berupa kristal transparan berwarna kuning kehijauan, bersistem ortorombik, biasanya berbentuk tabular dan juga kembar melingkar (*cyclic twins*), memiliki kekerasan 8,5; terbentuk sebagai mineral ikutan di dalam batuan granitik,

pegmatit dan sekis mika (Gambar 6) tetapi dapat ditemukan bersama mineral-mineral permata lainnya di dalam endapan aluvial. **Aleksandrit** adalah nama permata berasal dari jenis krisoberyl dengan pleokroisme kuat berwarna merah, jingga dan hijau disebabkan mengandung sedikit kromium (Cr). Penamaan permata ini diambil berdasarkan nama Czar Alexander II dari Rusia (Hurlbut et al, 1979).

- **Kuarsa** (SiO_2) bersistem kristal heksagonal-rombohedral, merupakan mineral pembentuk batuan yang melimpah dan terbentuk sebagai mineral primer dan sekunder di dalam batuan beku, sedimen dan malihan (Gambar 7). Karena kekerasannya (7 pada skala Mohs), sedikit belahan dan mempunyai stabilitas kimiawi maka kuarsa memiliki ketahanan terhadap pelapukan serta ditransport jarak jauh sebagai komponen lepas di dalam placer sungai dan pantai.

Kuarsa sebagai mineral permata (*gem mineral*) dibagi menjadi dua kelompok, yaitu : bentuk kristalin berbutir kasar dan berbutir halus/mikro kristalin. Meskipun demikian semuanya mempunyai kesamaan susunan kimia dan struktur kristal; perbedaannya terletak pada metode pembentukan, ukuran butir dan pengotoran yang membuat kuarsa menjadi beraneka warna (Hurlbut et al, 1979).

Kelompok kristalin butir kasar antara lain yaitu : kristal batuan (*rock crystal*), *amethyst*, *citrine*, kuarsa asap (*smoky quartz*), kuarsa mawar (*rose quartz*), kuarsa susu (*milky quartz*), kuarsa dengan inklusi (rutil, turmalin, serat asbestos, goetit, mika). Kristal batuan berupa kuarsa tidak berwarna yang umum dimanfaatkan sebagai mineral permata, yang berukuran kecil kadang-kadang disebut "intan"; sedangkan berukuran besar digunakan untuk mengukir obyek-obyek seni dan dibuat bola-bola kristal. **Amethyst** adalah kuarsa berwarna ungu (lembayung – violet) disebabkan pengotoran oleh Fe atau kehadiran inklusi oksida Fe (goetit), dapat terbentuk di dalam rongga-rongga pada aliran lava tetapi umumnya pada urat-urat. **Citrine** adalah kuarsa berwarna kuning pucat – kuning tua, kadang-kadang tertukar dengan topaz sehingga sering disebut kuarsa topaz atau topaz kuarsa. Kuarsa asap (**smoky quartz**) berwarna dari hampir hitam, berubah coklat hingga berangsur menjadi kuning; diyakini bahwa penampakan serupa asap dihasilkan oleh hadirnya kristal batuan hingga bahan radioaktif. Kuarsa mawar (**rose quartz**) berwarna merah muda pucat hingga merah tua disebabkan mengandung sejumlah kecil titanium (Ti), biasanya turbid dan jarang transparan; pada beberapa kristal

kuarsa ini teridentifikasi jarum-jarum mikroskopis rutil, dapat ditemukan di dalam pegmatit. Kuarsa susu (**milky quartz**) merupakan kuarsa berwarna putih karena di dalamnya mengandung inklusi-inklusi fluida, terbentuk sebagai urat yang berasosiasi dengan emas (Au) dan disayat berikutan emas sebagai permata berbentuk kubah (*cabochons*). Kuarsa dengan inklusi-inklusi (**quartz with inclusions**) mineral lain : Inklusi rutil di dalam kuarsa (**rutilated quartz**) berupa jarum-jarum berwarna coklat kemerahan hingga keemasan yang terorientasi acak atau sesuai struktur kuarsa; inklusi serat-serat aktinolit hijau dan asbestos, turmalin hitam dan goetit; inklusi mika membentuk kuarsa bernama **aventurin**, dimana mika mengandung Cr dapat membuat warna hijau dan sementara warna coklat kemerahan disebabkan oleh inklusi lembaran Cu.

Kelompok kuarsa mikrokrystalin secara terminologi umum disebut kalsedoni, warna asli kuning madu hingga abu-abu dan *translucent*. Namun karena berporositas maka kalsedoni ini dapat menyerap larutan kimiawi seperti asam belerang, oksida besi ferrosianida potassium, sulfat Fe, asam hidroklorik atau asam kromik. Beberapa jenis kalsedoni berwarna antara lain : **Carnelian** adalah kalsedoni merah yang dihasilkan karena pewarnaan oleh hematit atau goetit; sedangkan kalsedoni hijau apel atau **krisopras** merupakan hasil pewarnaan oleh larutan mengandung Ni. Jenis lain dari kalsedoni adalah **agate**, yang umumnya disusun oleh selang-seling lapisan berbeda ketebalan, warna dan porositas sehingga cenderung sejajar dengan dinding ruang tempat pengendapannya. Perlapisan pada kebanyakan *agate* terbentuk secara konsentris dan mengisi keseluruhan lubang; warna alamiah biasanya putih, susu atau abu-abu tetapi juga dapat berwarna coklat kekuningan, coklat-merah dan jarang berwarna biru, lavender serta hijau. **Onyx** termasuk jenis kalsedoni dan menyerupai *agate*, tetapi terdiri atas selang-seling lapisan sejajar berwarna hitam dan putih; sementara **sardonyx** terdiri atas selang-seling lapisan merah hingga jingga dengan putih atau hitam.

Jasper dan rijang (**chert**) termasuk ke dalam kelompok kuarsa mikrokrystalin dari jenis granular, disusun oleh dominan butir mikrokrystalin kuarsa berukuran sama (*equidimensional*); keduanya dapat diidentifikasi berdasarkan perbedaan warnanya : yang pertama berwarna coklat kemerahan karena kaya kandungan oksida Fe (hematit), sedangkan yang kedua biasanya berwarna abu-abu karena mengandung sedikit

pengotoran (Hurlbut et al, 1979). Terdapat juga kuarsa yang memiliki ciri-ciri *microgranular* maupun *microfibrous* disebut sebagai *plasma*, agak *opaque* dan berwarna hijau; termasuk ke dalam jenis ini adalah **bloodstone** (*heliotrope*), berwarna hijau dengan bintik-bintik merah.

Jasper dan rijang juga dapat disebut batuan sedimen yang telah mengalami proses diagenesis, disusun oleh mikrokristalin kuarsa, terdiri atas *interlocking* kristal kuarsa/silika (opal) berukuran diameter <30 μm ; jarang terbentuk sebagai perlapisan yang luas tetapi umumnya ditemukan sebagai nodul atau konkresi di lingkungan batugamping dan dolomit (Bates et al, 1980).

Opal ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) adalah mineral amorf berciri pola X-ray lemah dari kristobalit atau tridimit; berasal dari *gel* silika (mengandung maksimum 20% air tetapi biasanya 3 – 9%) dan dibedakan dari kuarsa karena bersifat isotropis serta memiliki indeks bias lebih rendah, lebih lunak (kekerasan 5,5 – 6,5) dan kurang padat dibandingkan kuarsa (Bates et al, 1980). Opal berwarna porselen merupakan yang paling berharga. Dapat ditemukan pada retakan-retakan dan rongga-rongga batuan beku, sebagai nodul dalam batugamping, sebagai urat, di dalam endapan-endapan mata air panas pada system hidrotermal, di dalam kerangka organisme laut (*diatome* dan *sponge*), di dalam batuan terserpentinisasi, sebagai produk pelapukan dan dalam sebagian besar kalsedoni. Setelah melalui pengolahan menjadi batu mulia bernama **opal hitam** (*black opal*) dan **opal api** (*fire opal*).

- **Olivin** [$(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$] merupakan salah satu mineral pembentuk batuan beku basa, ultrabasa dan rendah kandungan silika (gabbro, basalt, peridotit, dunit; Gambar 8). Mineral ini bersistem kristal ortorombik, transparan – *translucent*, kekerasan 6,5 – 7, berwarna hijau *olive* tetapi dapat juga coklat, hijau atau kuning. Setelah melalui pengolahan menjadi permata bernama **peridot** atau juga disebut *chrysolite* atau *evening emerald* (zamrud senja) karena berwarna hijau serupa dengan zamrud (Hurlbut et al, 1979).

- **Piroksen**. Dari kelompok mineral ini terdapat dua jenis piroksen yang dapat diberdayakan menjadi permata, yaitu :

- (1) **Diopsid** ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$) merupakan salah satu mineral dari kelompok klino-piroksen yang dapat dijadikan permata, berbentuk kristal prismatic (sistem monoklin) dengan kekerasan 5 – 6, transparan hingga semi transparan; terbentuk di dalam kontak metamorfik, terutama dalam marmer

dolomitan yang berasosiasi dengan silikat-silikat Ca. Ditemukan juga dalam lapisan-lapisan atau lensa-lensa batuan termetasomatisme pada batuan rodingit yang mengalami serpentinisasi. Diopsid krom (*chrome diopside*) adalah salah satu dari jenis transparan berwarna hijau menjadi salah satu permata yang memiliki daya tarik setelah disayat *facet*.

- (2) **Jadeit** adalah salah satu mineral yang terbentuk dalam lingkungan bertekanan tinggi dengan susunan kimia $\text{Na}(\text{Al,Fe}^{+3})\text{Si}_2\text{O}_6$, termasuk ke dalam kelompok piroksen (klino-piroksen), terdiri atas beberapa warna tetapi terutama berwarna hijau dengan kekerasan 6,5 - 7. Mineral ini terbentuk sebagai konsentrasi metasomatis di dalam batuan-batuan ultrabasa yang terserpentinisasi berasosiasi dengan nefelin, dan dalam batuan-batuan malihan dari fasies sekis biru. Setelah melalui proses sayatan dan poles mineral ini dapat menjadi permata bernama **jade** (A Macdonald Orbis Book, 1987).

- (3) **Spodumen** ($\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$) juga merupakan salah satu jenis mineral klino-piroksen yang terbentuk di dalam pegmatit granitik (Gambar 9), berasosiasi dengan beryl dan turmalin. Mineral ini memiliki kekerasan 6,5 – 7.0 pada skala Mohs; tidak berwarna hingga berwarna kuning, abu-abu, merah muda atau hijau zamrud. **Kunzit** adalah nama permata berwarna merah muda yang sangat dikenal berasal dari jenis spodumen.

- **Spinel** (MgAl_2O_4) merupakan kelompok mineral yang khususnya terbentuk pada kontak metamorfisme batugamping dolomitik yang kaya kandungan Mg dan Al, salah satu dari sedikit mineral ikutan yang terbentuk di dalam batuan-batuan beku basa (Gambar 10) dan juga dapat ditemukan sebagai bahan rombakan di dalam aluvium. Unsur Mg dapat digantikan oleh Fe^{+3} , Zn atau Mn sedangkan Al dimungkinkan diganti oleh Fe^{+3} , Fe^{+2} atau Cr. Kelompok spinel terdiri atas spinel, hercynit, gahnit dan galaksit. Mineral ini mempunyai kekerasan 8,0 pada skala Mohs, transparan – hampir *opaque*, berbentuk kristal oktahedron dan sering menunjukkan kembar (sistem isometrik), berwarna hijau apabila mengandung Fe dan dengan kandungan jejak Cr akan berwarna merah muda-merah. Warna yang kedua banyak dimanfaatkan untuk dibuat permata.

- **Topaz** [$\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{F,OH})_2$] adalah salah satu dari sedikit mineral pembentuk batuan beku

yang tinggi kandungan silika (granitik dan riolit) dan dapat juga berasosiasi dengan urat-urat mengandung Sn atau greisen (Gambar 11). Mineral ini mempunyai kekerasan 8,0 pada skala Mohs, bentuk kristal prismatic (bersistem ortorombik), transparan-*translucent*, tidak berwarna hingga berwarna kuning, biru, hijau, violet atau kemerahan-kuning. Topaz berwarna biru dan hijau merupakan permata paling populer.

• **Turmalin** $[(Na,Ca)(Mg,Fe^{+2},Fe^{+3},Al,Li)_3Al_6(BO_3)_3Si_3O_{18}(OH)_4]$ merupakan salah satu mineral ikutan di dalam batuan pegmatit granitik, tersebar luas di dalam batuan-batuan beku asam dan malihan (Gambar 12) serta dapat ditemukan sebagai bahan rombakan di dalam batuan sedimen. Kelompok turmalin terdiri atas : elbait (kaya kandungan Na, Li, Al), schorl dan buergerit (kaya Na, Fe), dravit (kaya Na, Mg), uvit (kaya Ca, Mg) dan liddikoatit (kaya Ca, Li, Al). Mineral ini mempunyai kekerasan 7,0 pada skala Mohs, berbentuk kristal prismatic (sistem heksagonal), transparan-*translucent*, tidak berwarna hingga berwarna hijau, merah, biru, kuning, coklat-hitam atau coklat. Setelah diolah menjadi permata memiliki aneka nama, yaitu : turmalin **rubellit** (*rubellite*), turmalin **hijau** (*green*), turmalin **paraiba**, turmalin **kuning** (*yellow*), turmalin **biru** (*blue*) atau turmalin **multi warna** (*multicolored*).

• **Turquoise** $[CuAl_6(PO_4)_4(OH)_8 \cdot 5H_2O]$ adalah mineral dengan sistem kristal triklin, merupakan isomorf dengan kalkosiderit, kekerasan 5 – 6 skala Mohs, berwarna biru (mengandung jejak Cu), biru-hijau (mengandung jejak Fe dan Cr) atau hijau kekuningan. Mineral ini merupakan mineral sekunder yang ditemukan di dalam urat-urat tipis pada batuan vulkanik dan dalam zona ubahan batuan-batuan yang kaya kandungan Al (Gambar 13).

• **Zirkon** ($ZrSiO_4$) adalah mineral ikutan berbentuk kristal prismatic (sistem tetragonal) yang dapat ditemukan di dalam batuan-batuan beku kaya silika, batugamping kristalin, sekis dan genes (Gambar 14), serta bahan rombakan di dalam placer sungai dan pantai. Mineral ini mempunyai kekerasan 7,5 skala Mohs, transparan hingga *opaque*, tidak berwarna hingga berwarna kuning, merah, coklat, abu-abu atau hijau.

Pengolahan untuk pengembangan permata

Permata sering diolah untuk pengembangan warna atau kebersihannya. Tergantung kepada jenis dan luasnya pengolahan, sehingga dapat berpengaruh terhadap nilai batu mulia. Beberapa pengolahan digunakan secara luas

karena menghasilkan permata yang stabil, sementara yang lainnya tidak diterapkan karena warna batu tidak stabil dan tergantung jenis batunya.

• **Pemanasan.** Pemanasan dapat menyempurnakan warna dan kebersihan permata. Sebagian besar *citrine* dibuat dengan cara memanaskan amethyst, dan pemanasan parsial menghasilkan *ametrine* dengan gradien kuat – sebagian amethyst dan sebagian *citrine*. Kebanyakan aquamarin yang dipanaskan untuk membuang rona kuning, mengubah warna hijau menjadi warna biru lebih menarik atau mengembangkan warna biru untuk menjadi lebih murni biru.

Hampir semua tanzanit dipanaskan pada suhu rendah untuk menghilangkan warna coklat dan memberikan warna biru/ungu yang lebih menarik. Sebagian tertentu dari safir dan ruby diolah dengan cara pemanasan untuk menyempurnakan warna dan kebersihannya.

Ketika perhiasan terdiri atas intan-intan yang dipanaskan (untuk perbaikan), intan harus diproteksi dengan asam borak; selain itu dibakar permukaannya atau bahkan seluruhnya dibakar. Ketika perhiasan terdiri atas safir dan ruby dipanaskan (untuk perbaikan) maka tidak harus dilapis oleh asam borak atau zat lainnya, ini dapat digosok (*etch*) permukaannya; tidak harus diproteksi layaknya intan.

• **Radiasi.** Sebagian besar topaz biru, yang lebih terang dan berwarna bayang-bayang biru gelap seperti biru London; telah diradiasi untuk mengubah warna putih menjadi biru. Beberapa permata yang tidak ditangani selayaknya dan tidak melalui jalur hukum resmi kemungkinan menghasilkan sedikit sisa radiasi; maka permata impornya dikenakan peringatan kuat untuk memperhatikan keselamatan masyarakat. Sebagian kuarsa hijau (*Oro Verde*) juga diolah dengan cara radiasi untuk menghasilkan warna kuning-hijau.

• **Membalur dengan lilin/minyak.** Zamrud yang secara alamiah mengandung rekahan kadang-kadang dibalur dengan lilin atau minyak untuk penyamaran. Lilin dan minyak ini juga pewarna untuk membuat zamrud nampak memiliki warna lebih baik sebaik kebersihannya. Turquoise juga biasanya diolah secara sama layaknya intan.

• **Pengisian rekahan.** Pengisian rekahan telah digunakan terhadap intan, zamrud dan safir. Baru-baru ini di tahun 2006, ruby dengan pengisian gelas banyak memasyarakat. Ruby kandungan >10 karat (2 gram) dijual terutama di pasar Asia, dengan rekahan besar yang diisi

gelas secara dramatis menyempurnakan penampilannya. Hasil penanganannya dapat dengan mudah dikenali.

Permata sintetik dan buatan

Beberapa permata dibuat untuk meniru permata lainnya. Sebagai contoh zirkonia kubus adalah intan sintetik, merupakan simulasi bersusunan zirkonium oksida. Imitasi merupakan upaya meniru penampilan dan warna permata yang sebenarnya, tetapi tidak memiliki sifat-sifat kimiawi maupun fisika.

Permata hasil ciptaan laboratorium bukan imitasi; sebagai contoh : intan, ruby, safir dan zamrud telah diolah di laboratorium untuk memiliki sifat-sifat kimiawi dan fisika yang serupa dengan aneka batu mulia alamiah. Korundum sintesis (buatan laboratorium), termasuk ruby dan safir sangat umum dan harganya hanya berbeda sedikit dari batu mulia alamiah. Intan sintetik berukuran lebih kecil telah dibuat dalam jumlah besar sebagai industri abrasif. Intan sintesis berukuran lebih besar bermutu terutama dengan aneka warna juga dibuat di pabrik.

Apapun permata tersebut berupa alamiah atau buatan laboratorium (sintesis), memiliki kesamaan sifat. Permata buatan laboratorium cenderung memiliki warna beraneka, tidak mengandung pengotoran sehingga tidak berdampak kepada kebersihan atau warnanya. Namun permata alamiah masih dianggap lebih bernilai karena kelangkaannya yang relatif. Asal mula permata juga tidak mempengaruhi kategorisasi mulia atau semi-mulia. Ruby, safir dan zamrud selalu disebut batu mulia, sedangkan permata lainnya dianggap semi-mulia.

Nilai permata

Tidak ada sistem penilaian secara universal yang diterima terhadap permata selain warna putih (tidak berwarna) dari intan. Intan dinilai kandungannya dengan menggunakan sistem *Gemological Institute of America* (GIA) pada awal tahun 1950-an. Sejarah menyatakan bahwa semua permata dinilai secara kasat mata. Sistem GIA termasuk suatu inovasi utama yang memperkenalkan 10 x perbesaran sebagai standard untuk derajat kebersihan/keterangan (*clarity*), sedangkan untuk lainnya dinilai secara kasat mata (<http://en.wikipedia.org/wiki/Gemstone>, 2008).

Saat ini suatu alat pengenalan (*mnemonic device*) empat kriteria yang terdiri atas warna, sayatan, kebersihan/keterangan dan karat (*color, cut, clarity and carat = four C's*) dari permata diperkenalkan untuk menolong konsumen memahami faktor-faktor yang digunakan untuk menilainya. Dengan memodifikasi kategori ini maka dapat difahami semua tingkatan permata. Kriteria tersebut menunjukkan perbedaan berat tergantung kepada bagaimana mereka mengaplikasikan permata berwarna atau intan tak-berwarna. Sayatan pada intan merupakan penentu utama nilai diikuti oleh kebersihan dan warnanya. Intan diartikan sebagai mengeluarkan bunga api, memecah cahaya menjadi warna-warna pelangi dan mengirimkannya ke mata. Hal ini merupakan fungsi sayatan. Sebagai kristal kasar, intan tidak akan membentuk dispersi cahaya sehingga memerlukan penanganan dengan melakukan sayatan. Pada permata yang memiliki warna, termasuk intan berwarna; kemurnian dan keindahan warna merupakan penentu utama mutu/kualitasnya.

Sifat-sifat fisika yang membuat permata berwarna menjadi bernilai adalah warna, kebersihan hingga hal-hal terkecil (zamrud selalu mempunyai sejumlah inklusi), sayatan, fenomena optik tak biasa didalam permata seperti zonasi warna, dan asteria (efek bintang).

Salah satu faktor penentu nilai permata disebut *water*, yaitu terminologi yang mengacu kepada penggabungan warna dan transparansi yang digunakan secara hirarki, yaitu : *first water* (batu mulia dengan *finest water*), *second water*, *third water*, *byewater*.

Permata dibagi menjadi batu mulia dan semi-mulia, karena definisi dapat berubah setiap waktu dan ragamnya tergantung budaya; merupakan hal yang selalu menyulitkan untuk menentukan batu mulia tersebut. Disamping intan; ruby, safir, zamrud, mutiara dan opal telah dianggap sebagai batu mulia. Mengacu kepada penemuan amethyst di Brazil pada abad 19, maka amethyst ini dianggap sebagai batu mulia. Meskipun di abad terakhir batuan-batuan tertentu seperti aquamarin, peridot dan mata kucing (*cat's eye*) telah populer disebut batu mulia. Permata yang jarang atau tak-biasa dan diartikan sebagai batu mulia di antaranya termasuk andalusit, axinit, kasiterit, klinohumit dan bixbit.

Sayatan dan polesan

Sedikit permata yang digunakan dalam bentuk kristal atau bentuk lain, sebagian besar berupa hasil sayatan dan polesan. Dua klasifikasi utama adalah sayatan batu licin berbentuk kubah yang disebut *cabochons*, dan sayatan batu menggunakan mesin *faceting*; yang membentuk permata dengan sayatan berinterval dan bersudut tertentu.

Permata *opaque* seperti opal, turquois, variscit dan lain-lain umumnya disayat membentuk *cabochons*, dirancang untuk menunjukkan warna batu atau sifat-sifat permukaan opal dan safir bintang. Roda penggosok dan pemoles digunakan untuk menggosok, membentuk dan memoles agar permata menjadi kubah licin.

Permata transparan biasanya dibentuk *facet*, yaitu metode untuk menunjukkan sifat-sifat optik di dalamnya hingga upaya terbaik dengan memaksimalkan cahaya pantul sehingga terlihat serupa bunga api (*sparkle*). Bentuk *facet* harus dilakukan secara proporsional, dapat beraneka tergantung sifat optik permata itu sendiri. Apabila sudut sayatan terlalu tajam atau landai, cahaya akan lewat dan tidak dipantulkan kembali.

Warna permata

Warna merupakan penampakan yang paling nyata dan menarik dari permata. Warna setiap bahan disebabkan oleh cahaya alamiah batu itu sendiri. Cahaya siang hari sering disebut cahaya putih, sebenarnya merupakan campuran warna berbeda dari cahaya. Ketika cahaya melewati suatu bahan, beberapa daripadanya dapat diserap sementara sisanya melewatinya. Sebagian yang tidak diserap mencapai mata sebagai cahaya putih dikurangi warna-warna terserap. Sebuah ruby terlihat merah karena permata ini menyerap semua warna lain dari cahaya putih (biru, kuning, hijau dan lain-lain) kecuali merah.

Bahan yang sama dapat memperlihatkan warna-warna berbeda. Sebagai contoh ruby dan safir mempunyai kesamaan susunan kimia (keduanya termasuk jenis korundum) tetapi menunjukkan perbedaan warna. Meskipun permata yang sama dapat terbentuk dalam warna berbeda : safir menunjukkan bayangan berbeda dari biru dan merah muda, sedangkan safir *fancy* memperlihatkan seluruh kisaran warna lain dari kuning hingga jingga-merah muda, dimana yang terakhir disebut safir *padparadscha*.

Perbedaan warna ini didasarkan kepada struktur atom pembentuk batu mulia. Meskipun batu yang berbeda memiliki kesamaan susunan kimia, sebenarnya tidak sama. Saat ini dan kemudian, setiap atom diganti oleh seluruhnya oleh atom yang berbeda (dapat paling sedikit sejuta atom). Hal tersebut disebut pengotoran cukup menyerap warna-warna tertentu dan meninggalkan warna-warna lain yang tidak terpengaruh. Sebagai contoh : beryl yang tidak berwarna merupakan bentuk mineral murni, menjadi zamrud karena mengalami pengotoran oleh kromium (Cr). Apabila ditambahkan Mn sebagai pengganti Cr, maka menjadi morganit merah muda; sedangkan pengotoran oleh Fe akan menjadi aquamarin. Pengolahan terhadap beberapa permata menghasilkan kenyataan bahwa pengotoran tersebut dapat dimanipulasi sehingga mengubah warna permata.

Diskusi

Sebagian besar mineral yang berpotensi untuk diberdayakan menjadi permata/batu mulia berasal dari mineral-mineral pembentuk batuan beku, malihan dan sedimen, sering juga ditemukan sebagai komponen rombakan di dalam endapan *placer* sungai atau pantai apabila mineral-mineral tersebut memiliki ketahanan terhadap proses pelapukan dan erosi.

Batuan beku mempunyai aneka susunan mineral yang mencerminkan posisi magma ketika mengkristal sehingga penamaannya disesuaikan dengan posisi kristalisasi. Sebagian besar batuan beku memiliki mineral-mineral utama pembentuknya antara lain kuarsa, felspar, nefelin, mika, amfibol, piroksen dan olivin. Dengan teridentifikasinya jumlah relatif dan keberadaan atau absennya mineral-mineral tersebut di dalam batuan beku maka dibuat klasifikasinya. Meskipun granit dan basalt adalah batuan-batuan terpenting, beberapa jenis permata tidak selalu berasal dari mineral-mineral pembentuk kedua jenis batuan beku ini; bahkan secara genetika berkaitan dengan jenis-jenis batuan beku lain. Sebagai contoh kristal **olivin** (*peridot*) atau **feldspar alkali** (*adularia/moonstone*) berukuran besar kemungkinan terbentuk masing-masing di dalam batuan beku lelehan basa dan asam, yang dibebaskan oleh proses pelapukan dari batuan induknya.

Kita tidak dapat memandang secara umum bahwa batuan beku lelehan/lava sebagai sumber signifikan bagi terbentuknya permata. Ketika lava secara cepat bergerak ke permukaan maka terjadi penurunan tekanan

yang menyebabkan berkembangnya gas-gas, yang diikuti oleh terbentuknya rongga-rongga (*cavities*) di dalam batuan. Rongga-rongga kemungkinan diisi oleh fluida hidrotermal untuk membentuk cebakan mineral yang disebut *geode*. Mineral pengisi biasanya berupa kuarsa kristalin yang disebut **kalsedoni**, apabila cebakan kalsedoni ini membentuk lapisan-lapisan melingkar (*concentric*) yang menutupi seluruh rongga maka disebut *agate*. Tetapi dapat juga bagian tengahnya tidak tertutup dan diisi oleh kristal-kristal kuarsa berukuran mikro dari jenis *amethyst*. Rongga-rongga serupa tidak hanya dapat terbentuk di dalam lava, bahkan kemungkinan juga ditemukan pada beberapa batuan sedimen.

Sangat berbeda dengan batuan beku lelehan, proses-proses yang menyebabkan terbentuknya batuan beku berbutir kasar memainkan peran dalam pembentukan beberapa jenis permata penting. Selain mineral-mineral utama pembentuk batuan, di dalam batuan terobosan terdapat mineral-mineral berjumlah sedikit yang disebut ikutan (*accessory*). Mineral ikutan ini dapat terbentuk berupa kristal berukuran cukup besar dan sempurna yang berpotensi dijadikan permata antara lain **zirkon**, **garnet** dan **korundum** (*safir*); paling sering terakumulasi sebagai komponen di dalam pasir dan kerikil setelah dibebaskan dari batuan sumbernya oleh pelapukan. Apabila mineral-mineral ikutan tersebut terbentuk dalam jumlah yang bernilai ekonomis, maka dapat ditambang dalam skala besar. **Intan** adalah salah satu permata yang memiliki nilai komersil tertinggi berasal dari mineral-mineral ikutan di dalam batuan kimberlit (batuan peridotit alkali yang dominan disusun oleh fenokris olivin dan masa dasar kalsit dan olivin).

Pegmatit merupakan suatu jenis khusus batuan beku yang disusun oleh mineral pembentuk batuan berupa kristal berukuran besar dan mengandung sejumlah besar unsur-unsur jarang dan tidak biasa. Batuan ini secara genetika berkaitan dengan batuan beku granitik bervolume besar dan dianggap sebagai bagian akhir dari fasa kristalisasi magma. Proses kristalisasi magma ini kadang-kadang menghasilkan kristal-kristal kuarsa dan feldspar berukuran raksasa (*gigantic*). Pegmatit dapat terbentuk berupa kantong-kantong (*pockets*) yang tidak menutup kemungkinan mengandung mineral-mineral jarang yang berpotensi untuk jadi permata antara lain : **beryl** (*beryllium*) dari jenis *aquamarine*, *morganit* dan *golden beryl*; **turmalin** (mengandung boron dan litium) dengan aneka bayangan warna hijau, merah,

kuning dan biru; **topaz** (mengandung fluorin) berupa kristal bening berwarna kuning, merah muda, biru atau hijau; **spodumen** (mengandung litium) yang tidak berwarna dan kuning atau berupa permata *kunzit* merah muda dan *hiddenit* hijau; **krisoberyl** (mengandung beryllium) berupa kristal kuning-hijau; dan **apatit** (mengandung fosfor) dengan bayangan warna biru, kuning dan ungu. **Kuarsa** berbentuk kristal juga dapat ditemukan di dalam kantong-kantong pegmatit berupa kuarsa mawar (*rose quartz*) dan asap (*smoky quartz*); sementara **felspar alkali** berupa ortoklas kuning, **mikroklin** hijau (*amazonstone*), **albit** berjenis batubulan (*moonstone*), **felspar** mengandung inklusi-inklusi menciptakan refleksi warna jingga (*sunstone*) atau merah (*aventurin*).

Banyak mineral-mineral berpotensi menjadi permata yang berasal dari batuan sumber terbawa ke dalam sungai untuk menjadi bagian aluvium, bahkan terakumulasi sebagai endapan *placer*. Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya akumulasi mineral-mineral permata seperti **intan**, **zirkon**, **korundum**, **garnet**, **turmalin**, **beryl**, **krisoberyl** dan **topaz** di dalam endapan *placer* antara lain : ketahanan kimiawi, kekuatan mekanis, berat jenis relatif besar dan kekerasan tinggi. Melalui waktu geologi yang panjang, aluvium akan termampatkan dan tersemenkan menjadi batupasir dan konglomerat; yaitu batuan sedimen purba yang berperan sebagai tempat kedudukan mineral-mineral permata.

Mineral-mineral permata dapat juga berasal dari batuan-batuan malihan tertentu, yang terbentuk sebagai respon terhadap perubahan tekanan dan suhu. Batuan malihan itu sendiri dibagi menjadi dua jenis, yaitu : regional dan kontak.

Jenis pertama terbentuk secara luas dan perubahan terjadi pada massa batuan berukuran besar, mineral-mineral asal mengkristal ulang menjadi mineral-mineral baru dan menghasilkan batuan-batuan malihan sekis dan genes. Jenis batuan malihan yang dihasilkan tergantung susunan kimiawi dari batuan asalnya dan kondisi tekanan-suhu tempat kristalisasi ulang terjadi. Batupasir dengan dominan terdiri atas kuarsa akan membentuk batuan malihan kuarsit yang membentuk *interlocking* butiran kuarsa. Batugamping murni yang disusun oleh kalsium karbonat/kalsit akan berubah menjadi marmor berbutir halus dengan susunan kimia yang sama dengan batuan asalnya. Apabila batugamping mengandung pengotoran Al, maka akan terjadi kristalisasi ulang akan

menghasilkan *ruby* dan *safir* (aluminium oksida) serta *spinel* (magnesium aluminium oksida). Peningkatan intensitas pemanasan dan tekanan secara berkesinambungan pada batuan serpih akan menghasilkan pertumbuhan ukuran butir dan peningkatan tingkat metamorfisme, untuk mengubahnya menjadi batuan malihan sekis bertingkat metamorfisme tinggi darimana **garnet** dan **krisoberyl** dapat terbentuk di dalamnya.

Jenis kedua dari batuan malihan terjadi ketika suatu batugamping diterobos magma, sehingga terjadi perubahan pada daerah kontak. Metamorfisme kontak ini disebabkan pemanasan oleh magma, menyebabkan rekristalisasi pada batuan samping. Apabila larutan dari magma memasukkan unsur-unsur tambahan, maka batuan disebut mengalami metasomatisme. Panas dan larutan dari magma dapat membentuk mineralisasi (*skarn*) yang menghasilkan mineral-mineral baru yang terdiri atas mineral-mineral bijih sulfida dan pengotor (*gangue*) yang kadang-kadang berupa kristal-kristal berkualitas permata di antaranya **garnet**.

Beberapa mineral permata dapat juga terbentuk melalui proses kristalisasi dari fluida atau larutan hidrotermal, dapat dibedakan dengan mineral-mineral yang mengkristal dari peleburan magma dan yang terbentuk karena proses metamorfisme. Fluida hidrotermal bergerak ke arah permukaan bercampur dengan air meteorik yang merembes ke bawah melalui bukaan struktur pada kerak bumi, dapat menghasilkan mineralisasi epitermal yang ditandai oleh pembentukan urat-urat kuarsa mengandung mineral-mineral bijih yang sesuai dengan lingkungannya. Beraneka jenis kuarsa yang berpotensi dijadikan permata dapat terbentuk di daerah mineralisasi epitermal, antara lain : kuarsa asap, kuarsa susu, amethyst, kalsedoni dan opal serta kemungkinan adularia. Masih berkaitan dengan lingkungan yang melibatkan sistem hidrotermal adalah lapangan-lapangan panas bumi (*geothermal fields*), dimana salah satu indikator kegiatannya berupa manifestasi permukaan

ACUAN

- A Macdonald Orbis Book, 1987. The Macdonald Encyclopedia of Rocks & Minerals, Macdonald & Co (Publishers) Ltd, Greater London House, hamstead Road, London NW1 7QX, 607 hal.
- Bates, R.L., and Jackson, J.A., 1980. Glossary of Geology, Second Edition, American Geological Institute, Falls Church, Virginia, 749 hal.
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Gemstone>, 2008. Gemstone, 7 hal.
- <http://www.gemstone.org/gem-by-gem/english.html>, 2008.
- Hurlbut, C.S., and Switzer, G.S., 1979. Gemology, A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, New York-Chichester-Brisbane-Toronto-Singapore, 243 hal.

sinter silika yang berpeluang mengendapkan mineral-mineral permata seperti **kalsedoni** dan **opal**.

Beberapa mineral sekunder sebagai hasil ubahan oleh proses hidrotermal juga mungkin dapat terbentuk, dimana jenisnya tergantung kepada unsur-unsur yang dikandung mineral asalnya tetapi hanya sedikit jumlahnya. **Turquoise** merupakan salah satu mineral sekunder yang dihasilkan oleh ubahan hidrotermal terhadap batuan beku yang kaya kandungan Al, terbentuk pada atau dekat permukaan bumi.

Kesimpulan

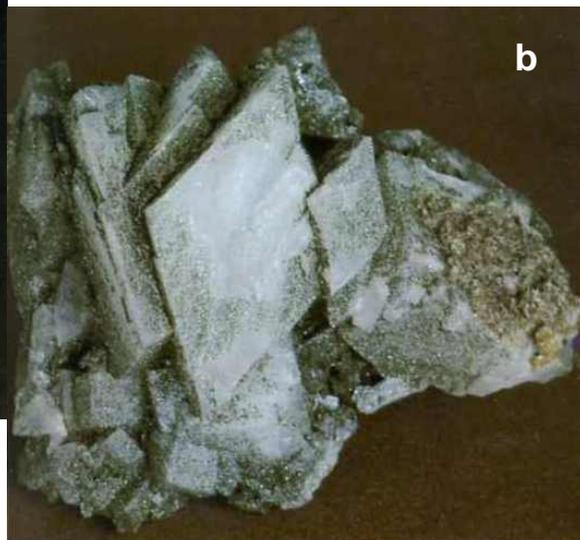
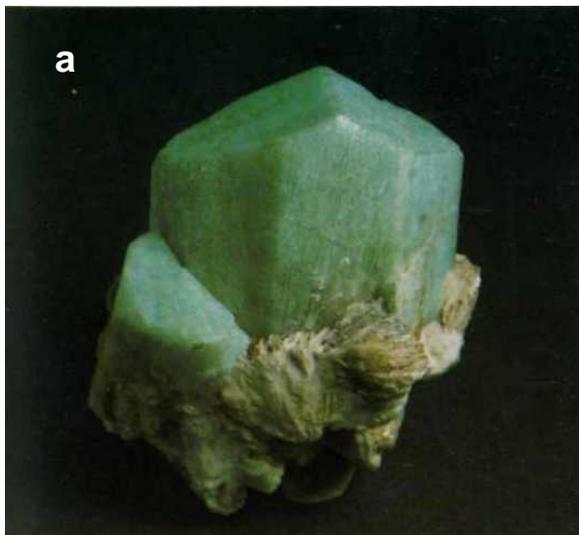
Indonesia terletak pada pertemuan lempeng tektonik atau batas lempeng konvergen (*convergent plate boundaries*) dikenal memiliki keragaman ciri geologi yang dibentuk oleh proses magmatisme, vulkanisme, sedimentasi, metamorfisme dan deformasi. Seluruh proses tersebut berjalan sepanjang waktu geologi dan menghasilkan beragam litologi dan ubahannya dengan umur geologi berbeda, sehingga dimungkinkan membentuk aneka batuan sumber mineral-mineral yang berpotensi untuk dijadikan permata atau batu mulia. Dengan mempelajari sekaligus memahami geologi, mula jadi dan keterdapatan batuan-batuan sumber mineral permata maka eksplorasi untuk menemukan mineral dimaksud dapat dilakukan tepat sasaran. Penemuan sumber-sumber baru mineral permata memberikan peluang pengembangan pemberdayaannya sehingga diharapkan berdampak positif terhadap nilai ekonominya.

Ucapan Terima kasih

Disampaikan penghargaan setinggi-tingginya kepada setiap individu yang memberikan dorongan moril selama proses penyusunan karya tulis dan juga kepada tehniisi yang membantu membuat kelengkapan ilustrasi.



Gambar 1. Mineral beryl pada batuan sumber (Macdonald Orbis Book, 1987)

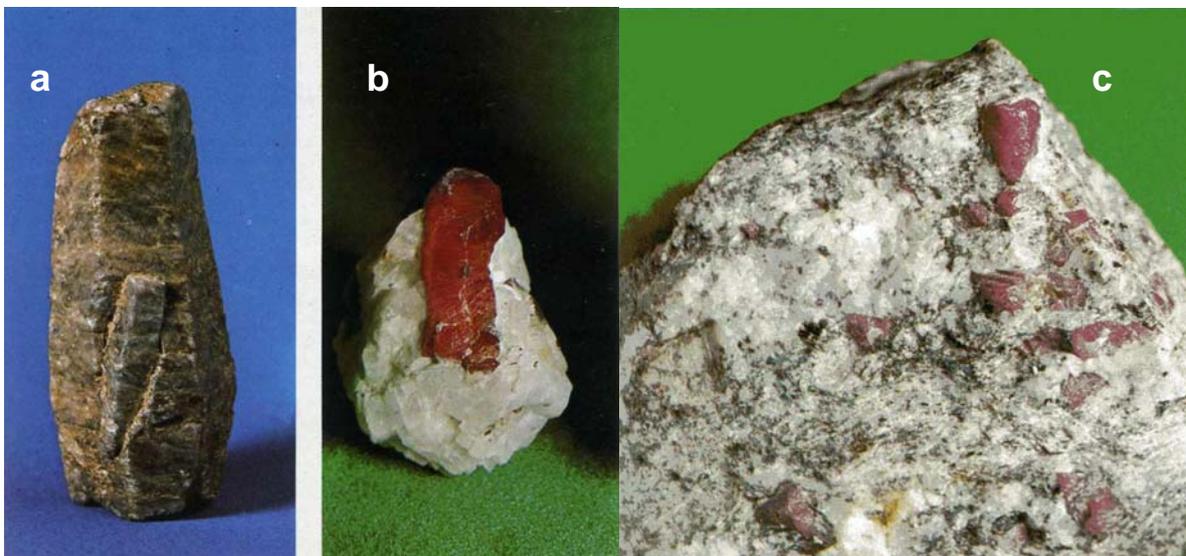


Gambar 2. Mineral mikroklin (a) dan Adularia (b) di dalam batuan sumber



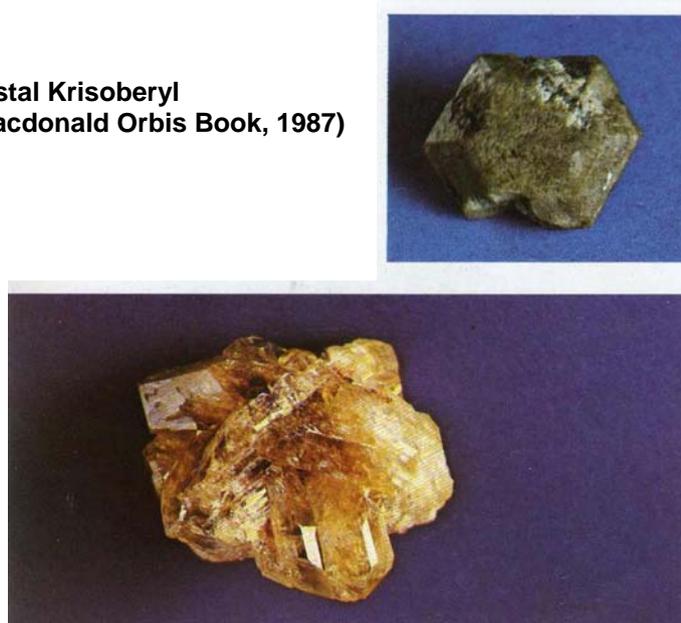
Gambar 3. Mineral garnet (andradit) di dalam batuan sumber (Macdonald Orbis Book, 1987)

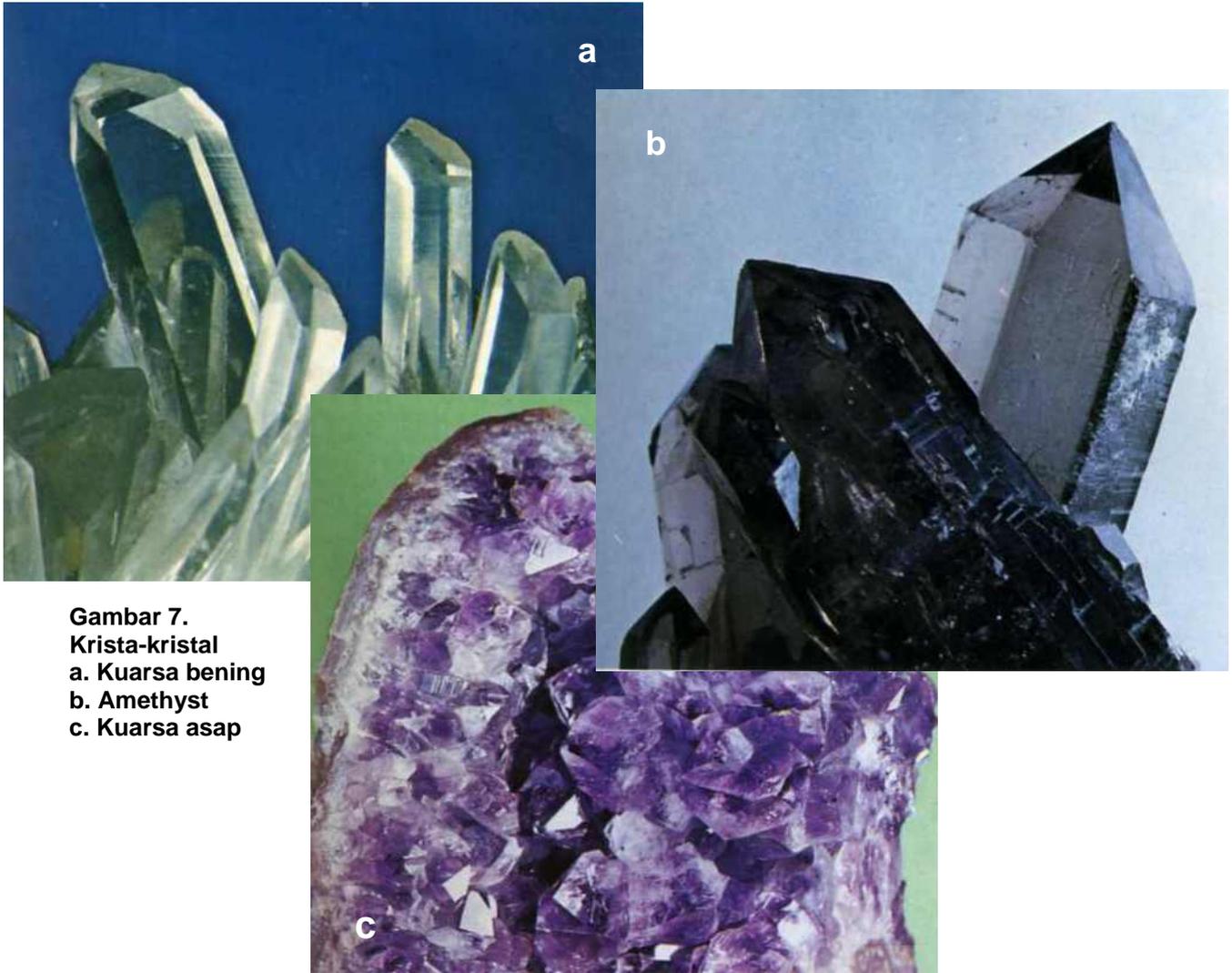
Gambar 4. Intan di dalam batuan sumber



Gambar 5. a. Kristal korundum; b dan c. Mineral korundum di dalam batuan sumber (Macdonald Orbis Book, 1987) (Macdonald Orbis Book, 1987)

Gambar 6. Kristal Krisoberyl (Macdonald Orbis Book, 1987)





Gambar 7.
Krista-kristal
a. Kuarsa bening
b. Amethyst
c. Kuarsa asap



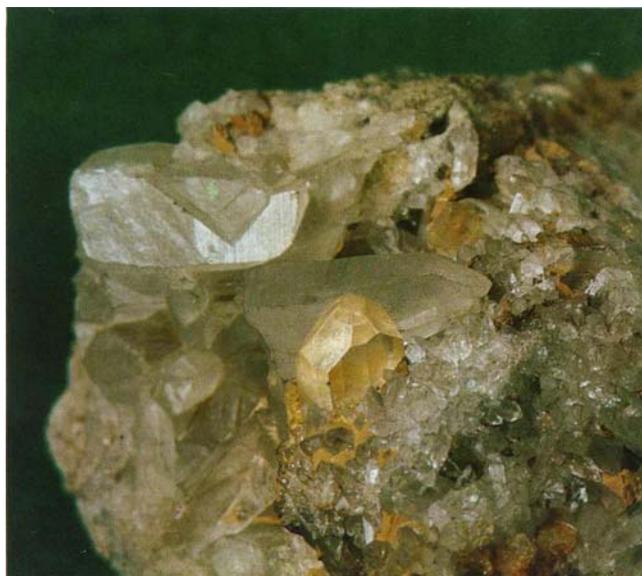
Gambar 8. Mineral olivin di dalam batuan sumber

Gambar 9. Kristal piroksen dari jenis spodumen (Macdonald Orbis Book, 1987)



Gambar 10. Mineral spinel di dalam Batuan sumber

Gambar 11. Mineral topaz di dalam batuan sumber (Macdonald Orbis Book, 1987)



Gambar 12.
Mineral turmalin di dalam batuan sumber



Gambar 13.
Mineral turquoise di dalam batuan sumber
(Macdonald Orbis Book, 1987)

Gambar 14.
Kristal zirkon sebagai komponen rombakan
di dalam aluvium

